

## Información Importante

La Universidad de La Sabana informa que el(los) autor(es) ha(n) autorizado a usuarios internos y externos de la institución a consultar el contenido de este documento a través del Catálogo en línea de la Biblioteca y el Repositorio Institucional en la página Web de la Biblioteca, así como en las redes de información del país y del exterior con las cuales tenga convenio la Universidad de La Sabana.

Se permite la consulta a los usuarios interesados en el contenido de este documento para todos los usos que tengan finalidad académica, nunca para usos comerciales, siempre y cuando mediante la correspondiente cita bibliográfica se le de crédito al documento y a su autor.

De conformidad con lo establecido en el artículo 30 de la Ley 23 de 1982 y el artículo 11 de la Decisión Andina 351 de 1993, La Universidad de La Sabana informa que los derechos sobre los documentos son propiedad de los autores y tienen sobre su obra, entre otros, los derechos morales a que hacen referencia los mencionados artículos.

**BIBLIOTECA OCTAVIO ARIZMENDI POSADA**  
UNIVERSIDAD DE LA SABANA  
Chía - Cundinamarca

**“Trasmisión En Política Monetaria Cuando Existe Un Mercado De  
Derivados, Evidencia Empírica Para el Caso Colombiano”**

Sergio Esteban Salamanca Infante  
ESCUELA INTERNACIONAL DE CIENCIAS ECONOMICAS Y  
ADMINISTRATIVAS  
UNIVERSIDAD DE LA SABANA

Pablo Moreno Alemay  
ASESOR PROYECTO DE GRADO

Chía, Colombia  
Noviembre de 2013

# **“Trasmisión En Política Monetaria Cuando Existe Un Mercado De Derivados, Evidencia Empírica Para el Caso Colombiano”**

## **Resumen**

El propósito de esta investigación es analizar cómo cambia la dinámica en política monetaria colombiana cuando al interior de la economía se negocian derivados financieros. Para esto se estudia la función de impulso respuesta de un modelo SVAR, usando series trimestrales desde 1996 hasta 2013 del PIB, Inflación, volumen de negociación de derivados y tasa de intervención del Banco De La República De Colombia. Los resultados indican que sí cambia la dinámica tanto en el PIB como en la inflación y que los derivados financieros son instrumentos que le proporcionan mayor información al mercado.

**Palabras clave:** política monetaria, derivados financieros, función de impulso respuesta, modelo SVAR.

## **Abstract**

The purpose of this investigation is to analyze how the Colombian monetary policy dynamic changes when financial derivatives are traded in the economy. To do that, the research studies the impulse response function in a SVAR model using quarterly series from 1996 until 2013 of GDP, inflation, derivatives volume and the interest rate determined by the Colombian Central Bank (Banco de la República). The results show that there is a change in GDP and inflation, and the financial derivatives provide more information to the market.

**Key words:** monetary policy, financial derivatives. Impulse response function, SVAR model.

## **1. Introducción**

En esta investigación se estudian posibles efectos distorsionadores que tiene el mercado de productos derivados en la política monetaria colombiana. Este estudio se lleva a cabo por medio de un modelo de impulso respuesta, el cual muestra como ante impulsos en la tasa de intervención del Banco de la República y con presencia de derivados financieros la política monetaria puede cambiar. Por ende se muestran los canales de transmisión de política monetaria presente en la economía colombiana y también el desarrollo del mercado de derivados al interior del país.

Tomando como referencia el trabajo de Vrolijk (1997), quien es el pionero en este tipo de investigaciones, la inclusión de un trabajo empírico para Colombia en la literatura, constituye una herramienta de estudio de política monetaria que vale la pena considerar dado que con el desarrollo de productos derivados en la economía ha empezado a crecer de manera considerable en el último lustro como se mostrará más adelante.

Por lo tanto con esta investigación se quiere observar cómo cambia la dinámica en la transmisión de política monetaria colombiana con la presencia de mercados de derivados puesto que con estas políticas se controlan variables como los agregados monetarios los cuales influyen en el producto y el nivel de precios logrando que una economía tenga un crecimiento estable, con ciclos económicos suaves, que ayudan a que el bienestar de las personas dentro de la economía crezca y con ello se pueda tener una mejor calidad de vida (Mankiw 2006).

## **2. Justificación**

Para el Banco de la República de Colombia (en adelante BRC), el objetivo principal a largo plazo es mantener el control de la inflación puesto que es substancial para una economía que el poder adquisitivo de su moneda permanezca estable (Zuluaga 2004), logrando este objetivo, el crecimiento, el desempleo y el producto al interior de la economía permanecerán estables también. Es por esto que en octubre de 2002 en Colombia se adopta el mecanismo de “inflación objetivo”, que toma como herramienta principal de política monetaria la tasa de interés y las operaciones de mercado abierto

(OMAs), que afectan la base monetaria causando un exceso o una falta de liquidez al interior de la economía.

Ya en un mundo cada vez más globalizado, la creación de productos financieros derivados aportan no solo más información a los mercados de capitales sino que también hacen que la política monetaria se vea afectada por lo menos en el corto plazo (Gómez, Vásquez y Zea 2004), por lo tanto estas políticas que se toman con presencia de instrumentos derivados deben ser revisadas puesto que aunque causa un efecto marginal en la transmisión de tasas, cambia la dinámica de los mercados de capitales, lo que conlleva por ejemplo a que una política que se tenía pronosticada para ser absorbida por la economía en el transcurso de tres periodos (meses, trimestres, años), lo llevará a cabo en una cantidad mayor o menor de tiempo, causando ineficiencias en las decisiones puesto que la política está siendo distorsionada por estos instrumentos financieros.

Los instrumentos derivados han ganado gran popularidad dentro del mercado de valores puesto que por medio de estos se pueden desarrollar estrategias de cobertura y además aportar mayor liquidez al sistema financiero. Los argumentos a favor de la cobertura son evidentes, puesto que casi todas las empresas están en el negocio de la manufactura, servicios o ventas, por lo tanto están expuestas a variables como el tipo de cambio, tasa de interés o precio de commodities. Es factible entonces para las empresas cubrir los riesgos relacionados con estas variables y enfocarse en su actividad principal, evitando así sorpresas desagradables como cambios en tasa de interés (Hull 2009). Por otro lado el nivel de apalancamiento brindado por estos productos especialmente las opciones, hace que estos productos se negocien cada vez con más frecuencia. (Hull 2009).

### **3. Marco teórico**

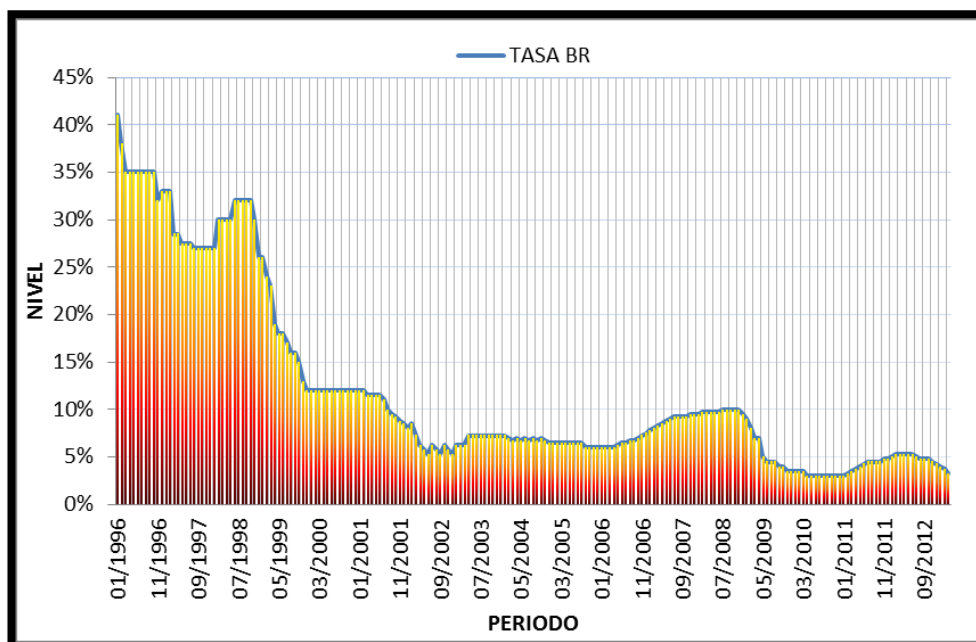
#### **3.1. Herramientas y canales de transmisión de la política monetaria**

Las decisiones de política monetaria son tomadas por el BRC cuyo principal fin es mantener la inflación objetivo baja y estable, para el 2013 cerca al 3% con una desviación de 1 punto porcentual. (Banco de la República 2013). Estas decisiones influyen en el producto y el empleo de la economía al mantenerlos estables también.

La primera herramienta que tiene el gobierno para cumplir con estos objetivos es la tasa de intervención del BRC, la cual tiene efecto en la economía por medio de las ya mencionadas OMAs las cuales controlan la base monetaria al interior de la economía al agregarle o quitarle liquidez. Por lo tanto estas operaciones pueden ser de contracción (menor liquidez) o de expansión monetaria (mayor liquidez). En la gráfica 3.1 se aprecia el comportamiento de la tasa de interés desde 1996 hasta el 2013 con una periodicidad mensual, se puede observar una clara política expansionista agresiva en los periodos comprendidos entre 1996 y 2002, contraccionista desde el 2002 hasta el 2009 y nuevamente expansionista pero menos agresiva desde el 2009 hasta el 2013. Con la fijación de una tasa de interés lo que se logra es que las entidades financieras tengan un punto de referencia de cuánto cobra y cuánto paga el banco central por el pedir prestado o prestar dinero.

Un ejemplo es la llamada tasa lombarda la cual equivale a 100 puntos básicos por encima de la tasa de referencia y es aplicada cuando una entidad financiera requiere dinero pero no alcanza a entrar en las subastas realizadas por el banco.

**GRAFICA 3.1 COMPORTAMIENTO DE LA TASA DE INTERVENCION DEL BRC**



**Fuente: BRC, cálculos propios**

Otra herramienta que se puede utilizar para mantener control sobre la base monetaria es el encaje bancario, que es la cantidad de depósitos mínimos que deben mantener los bancos congelados y que por lo tanto no se pueden usar, estos depósitos se deben mantener en las cajas de los bancos o en las cuentas que manejan los bancos en la reserva del BRC.

Una vez conocidas las herramientas por las cuales el BRC influye en la política monetaria, se estudian los canales de transmisión de esta política.

Según Mies, Morandé y Tapia (2002), se conocen 5 canales de transmisión los cuales suelen ser procesos simultáneos y complementarios.

El primer canal que se tiene es el efecto directo que tiene la tasa de interés en la economía la cual afecta las decisiones de consumo e inversión de los agentes y por lo tanto también el producto y la el nivel de precios, entonces la efectividad de la política vía tasa de interés dependerá de la elasticidad de la demanda agregada con respecto a la tasa de interés.

En segundo lugar se encuentra el canal de activos. Dado que la tasa de interés juega un papel importante en la valuación de los activos financieros (acciones, bonos, futuros, etc.), un cambio pequeño en ésta puede hacer que un portafolio de inversiones pierda o gane valor dependiendo de su conformación y la ponderación de los activos que lo componen, por lo que tenemos un efecto de sustitución entre activos ya que algunos se pueden volver más valiosos que otros. Por el lado de los hogares podemos observar que por ejemplo en una expansión monetaria al haber un descenso de tasas los hogares opten por adquirir vivienda o un crédito de libre inversión puesto que el crédito se vuelve más barato.

El tipo de cambio es un canal de transmisión, pero es un caso especial del canal de activos al ser el precio del dinero de otro país y la importancia que tiene es que afecta la inflación de los bienes transables. La transmisión en este canal se lleva a cabo por ejemplo, cuando al haber una contracción monetaria, la moneda local se aprecia puesto que las tasas de interés suben y hay una mayor demanda de moneda nacional, ya que los inversionistas extranjeros se ven atraídos ante un mayor retorno proveniente de las subidas en tasa de interés.

Otro canal de transmisión de política monetaria es el canal de crédito, el cual aparece cuando se tienen intermediarios financieros como los bancos que pueden financiar las firmas mediante créditos. Otra forma de financiación que se hace presente es la emisión de bonos o de acciones por parte de las firmas para conseguir recursos para que la empresa financie proyectos de los cuales se beneficiara. Por los recursos que las empresas emplean para la elaboración de proyectos se debe pagar un interés que es asociado a un costo en el que debe incurrir la empresa, para la explicación de la relación este costo y la política monetaria se han desarrollado dos canales adicionales, uno es el canal de hoja de balance el cual muestra la capacidad de endeudamiento de la empresa y el otro canal es el préstamo bancario el cual solo mide la cantidad de dinero ofrecida por el banco a las empresas para ser prestado.

Finalmente las expectativas de los agentes económicos es considerado un canal de transmisión presente en todos los canales de transmisión ya que cualquier modelo intertemporal con agentes que dan algún tipo de utilidad futura genera una expectativa que es precisamente lo que hace funcionar la política monetaria.

### **3.2. Desarrollo del mercado de derivados en Colombia**

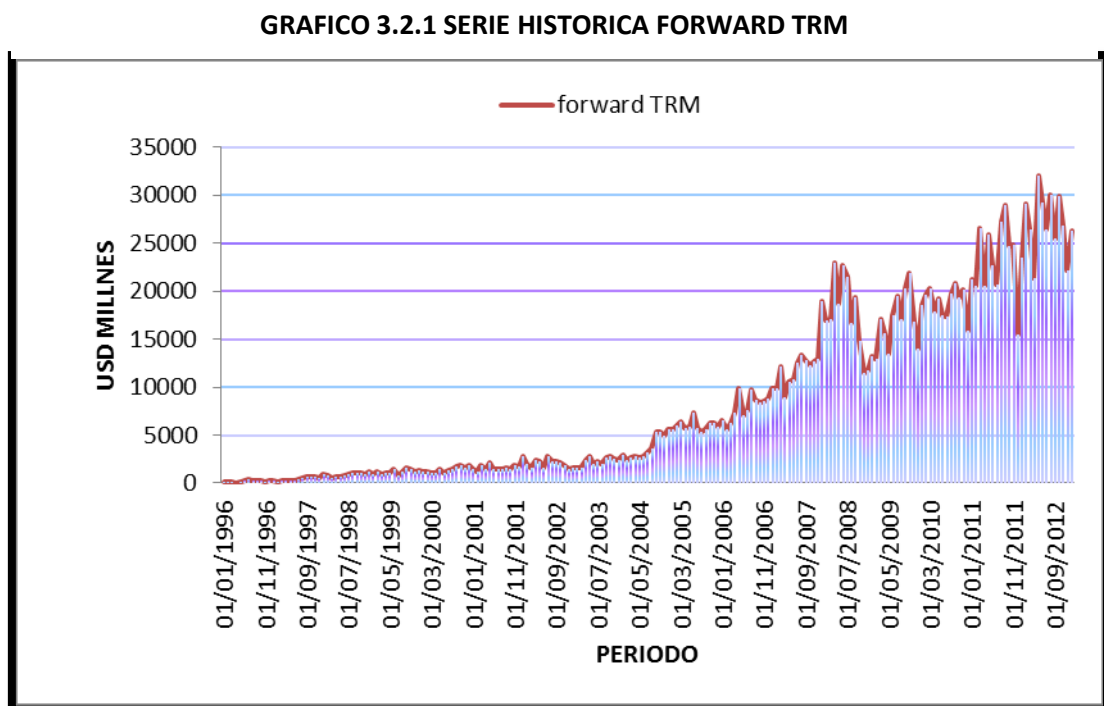
Ahora, para la cobertura ante la incertidumbre que causa el riesgo tanto el tipo de cambio, la tasa de interés o el precio de algunos activos financieros dentro de la economía colombiana, se han venido desarrollando desde los años 90 algunos productos derivados, dentro de los cuales podemos encontrar forwards, futuros, opciones y swaps. Estos instrumentos financieros también son usados en actividades de arbitraje y especulación siendo productos de gran acogida puesto que pueden brindar un poder de apalancamiento incluso superior al 100%.

El uso de opciones en Colombia se implementó a finales del 1999 cuando se realizó la primera subasta por el BRC, interfiriendo así en la política cambiaria al acumular y desacumular reservas internacionales (Banco De La República 2013). En el caso de los swaps los CCS (Cross Currency Swaps) se negocian alrededor de 2005 donde se cambiaba tasa fija en pesos por LIBOR (London Inter Bank Offer Rate) (Gómez 2013), y paulatinamente se han venido negociando los IRS (Interest Rate Swaps) este mercado no tienen un gran volumen de negociación puesto que existe una regulación que



inhabilita vender protección vía derivados de crédito (Gómez 2013). Para esta investigación nos concentraremos solo en dos tipos de derivados financieros, los forwards y los futuros, puesto que son los instrumentos en los que más ha profundizado el mercado colombiano y de los cuales se tiene registros relativamente amplios de sus series de tiempo.

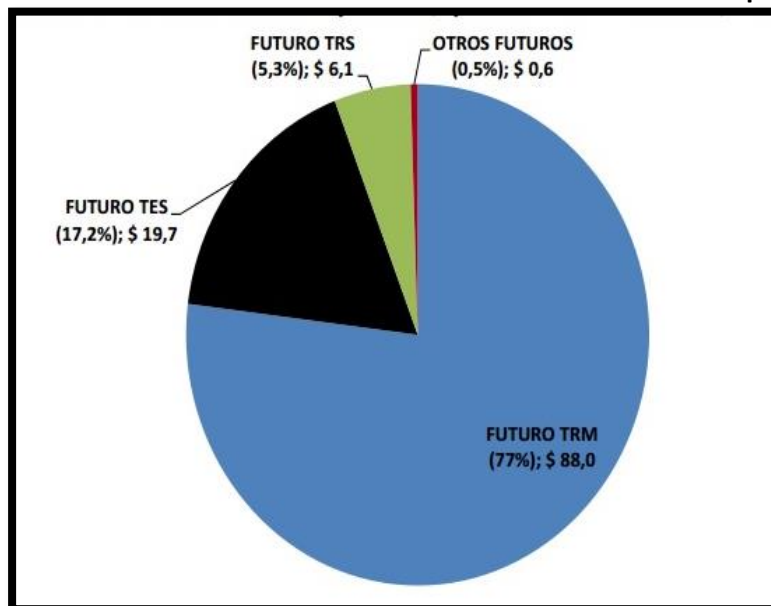
Los forwards o contratos a plazo son acuerdos entre dos partes para comprar o vender un activo en una fecha determinada a un precio pactado, estos contratos son hechos a la medida en el sentido que se puede comprar o vender la cantidad exacta del activo que se necesite y la fecha de entrega también es la que se desee establecer, por lo tanto no se cotizan en una bolsa de derivados sino en mercados OTC (over the counter), cabe resaltar que se incurre en un riesgo de contraparte o de incumplimiento puesto que no se cuenta con una cámara de compensación la cual respalde la negociación (Hull 2009). En Colombia el contrato más líquido es el forward sobre tasa de cambio, el cual se negocia desde 1993 ante la necesidad de cubrir el riesgo de tasa de cambio. En la gráfica 3.2.1 se puede observar el comportamiento creciente que ha tenido el volumen de negociación de este producto en particular.



FUENTE: BRC, cálculos propios

Por otro lado están los contratos de futuros, los cuales son estandarizados tanto en cantidad como en fecha, a diferencia de los forwards, los futuros cotizan en bolsa y el riesgo de contraparte es casi nulo puesto que éstos sí cuentan con una cámara de compensación la cual se encarga de eliminar este riesgo. Un ejemplo es la cámara de compensación mercantil la cual es filial de la bolsa mercantil de Colombia (BMC) y se encarga de administrar el sistema de compensación y liquidación de las operaciones celebradas en dicha bolsa. En el mercado de futuros colombiano el futuro más representativo es el futuro de tasa de cambio (León y Pérez 2013). El cual está por un monto de USD 50.000 y otro más pequeño por USD 5.000 el contrato, también se pueden encontrar otros futuros como los de TES de corto, mediano y largo plazo, futuro sobre inflación, además futuros sobre acciones como el de Ecopetrol, Pacific Rubiales, Éxito, Nutresa, grupo Argos, ISA, cementos Argos, entre otros, futuros sobre índices accionarios como el COLCAP y futuros sobre materias primas o commodities, En la gráfica 3.2.2 se puede ver la distribución del mercado de futuros en 2012.

**Gráfica 3.2.2 Mercado de futuros 2012 miles de millones de pesos**



**Fuente: (León y Pérez 2013)**

#### **4. Revisión del estado del arte**

A continuación se realizará una breve descripción de trabajos relacionados con la transmisión de política monetaria cuando existe un mercado de derivados, se encontraran diversos modelos que intentan explicar el efecto de estos productos

financieros en la economía, pasando por modelos de equilibrio general, vectores autorregresivos data panel entre otros.

De acuerdo con Vrolijk (1997), los mercados de derivados afectan la política monetaria de un país, estudiando este efecto en Reino Unido, encuentra una explicación de cómo los mercados de derivados alteran la economía real y la estructura del mercado financiero, causando distorsiones en la transmisión de política monetaria. Esta transmisión se ve reflejada en el producto y la inflación del país. Para esto emplea la metodología de vectores autoregresivos estructural (SVAR), y lo que encuentra es que el intercambio en los mercados de derivados tienen un efecto marginal sobre la transmisión de en política monetaria en la economía real por medio de la tasa de interés, ya que el choque en el producto y la inflación es débil. Un aspecto que es interesante dentro de los resultados es que el mercado de derivados acelera la transmisión en los mercados financieros.

Fender (2000a; 2000b), para el caso estadounidense, muestra el impacto de las estrategias de administración del riesgo corporativo en los mecanismos de política monetaria, más exactamente en el canal de crédito y basado en que las empresas utilizan productos derivados para cubrirse al riesgo de que algunos activos se desvaloricen ante una eventual decisión de política monetaria. Tiene en cuenta el trabajo de Vrolijk, pero a diferencia de éste usa un modelo VAR donde mide causa y efecto del mercado de derivados en el canal de crédito. Los resultados de su investigación muestran que el desarrollo de productos derivados incrementa la inestabilidad del canal de crédito lo que podría acelerar la política monetaria por medio de la tasa de interés.

Rigobon y Sack (2001), miden el efecto de la política monetaria en los retornos del mercado bursátil de Estados Unidos, para esto toman como referencia el comportamiento del S&P 500 y la tasa de intervención de la FED, plantean un problema de endogenidad donde el mercado bursátil responde endógenamente a las decisiones de política monetaria en el corto plazo. Para mirar la interacción entre estas dos variables usan un modelo VAR con el que encuentran que los movimientos en el mercado bursátil tienen un efecto significativo en las tasas de interés de corto plazo, lo cual causa que la política monetaria se vea afectada.

Bernedo y Azañero (2003), toman las opciones sobre divisas como un importante instrumento para la cobertura del tipo de cambio ya que elimina posibles riesgos para el Banco Central de países como Colombia, Perú y México, y complementa el mercado de capitales de dichos países. Enfatizan en tres canales de transmisión de política monetaria los cuales son: la tasa de interés y el precio de otros activos, el crédito y el tipo de cambio. El crédito y la tasa de interés reaccionan a políticas monetarias que se toman al interior del país, pero el tipo de cambio reacciona ante políticas que se toman fuera del país. Teniendo en cuenta lo anterior argumentan que el efecto de los derivados es marginal, puesto que los individuos que adquieren los productos financieros pueden cubrirlos frente a la transmisión de política monetaria, al comprar productos derivados que los proteja ante una eventual subida (bajada) de tasas proveniente del Banco Central, pero quedan expuestos al tipo de política monetaria foránea, lo cual es una explicación al efecto marginal que tiene los derivados en economía.

Bernal y Venegas (2011), desarrollan un modelo estocástico de equilibrio general en tiempo continuo sobre política monetaria teniendo como variable endógena la tasa de inflación que es función de los parámetros de volatilidad y tendencia de instrumentos financieros. En este trabajo encuentran que para una economía desarrollada financieramente hablando donde la creación de derivados financieros es marginal, el incremento de precios en los bienes transables no es tan notable como por ejemplo en una economía donde el desarrollo de estos instrumentos financieros esta en desarrollo, por lo tanto el desarrollo de mercados derivados influye en la inflación por lo menos en un país donde el mercado de derivados no se encuentra tan desarrollado.

Gómez, Vásquez y Zea (2004), estudian la evidencia para Colombia y encuentran que el mercado de derivados acelera la transmisión en política monetaria, para lo cual utilizan modelización con data panel, como instrumento de política monetaria emplean el índice de condiciones monetarias (ICM), que es creada por el emisor y evalúa la posición de política monetaria con respecto a la demanda agregada ponderando los impactos tanto de la tasa de interés como de la tasa de cambio. El objetivo de Gómez et. Al. era mirar cómo se modifica la transmisión en política monetaria en la inversión y basados en un modelo micro fundamentado encuentran que

en Colombia a pesar de que el mercado de derivados no se ha desarrollado bastante hasta 2004, las decisiones de política monetaria se diluyen con la existencia de estos instrumentos, pero no se sabe que tan rápido la economía responde ante el impulso en política.

Huertas, Jalil, Olarte y Romero (2005) sostienen que la transmisión en el canal de crédito bancario es eficiente cuando se cumplen dos supuestos fuertes, el primero es que no exista otra fuente de financiación que sea sustituto perfecto del crédito bancario y el segundo supuesto es que no exista otra forma de financiar una empresa sino solo con crédito bancario, en la medida que estos supuestos no se cumplan dado que existen nuevos productos que reemplacen al crédito, como por ejemplo derivados financieros, la política monetaria puede perder control sobre la economía. Para la transmisión en tasa de interés emplean un modelo VAR cual se puede ver la causalidad entre las tasas del mercado lo cual permite saber cuánto tiempo le toma a la política monetaria en afectar la economía.

Podemos apreciar también en Fernández (2008) para el caso colombiano, el impacto del forward de tasa de cambio sobre la transmisión en política monetaria tomando como instrumento de política el ICM tal y como lo hace Gómez et. Al. (2005) lo que cambia en el trabajo de Fernández es la variable proxy de mercado de derivados que ya no es el monto notional en pesos derivados en el mercado financiero sino el forward de tasa de cambio. Los resultados que encuentra es que el este forward no diluye en su totalidad el efecto de la política monetaria, pero si causa un menor efecto de dicha política al interior de la economía.

Para el BRC es necesario conocer el tiempo que una política monetaria va a ser absorbida por la economía, por lo tanto el propósito de este trabajo conocer el intervalo de tiempo desde que se toma la decisión de política monetaria hasta el momento que la economía responde, pero teniendo en cuenta el mercado de derivados. La innovación en esta investigación es la creación de una proxy del mercado de derivados que agrupe el volumen de negociación tanto de futuros como forwards, y mirar cómo reacciona el producto y al inflación ante política monetaria representada con la tasa de interés, cabe resaltar que no se incluyen opciones ni swaps, ya que como mencionamos anteriormente estos dos mercados no tienen gran profundidad en el mercado colombiano.

## 5. Metodología y datos

Para observar cómo se puede distorsionar la transmisión en política monetaria con presencia de derivados financieros al interior de la economía, se propone un modelo de impulso respuesta. A lo largo de los años, tres tipos de modelos han sido usados para identificar la función de impulso respuesta sobre el producto, la inflación y las tasas de interés de política monetaria. El más usado es el vector autoregresivo (VAR), luego el modelo VAR's propuesto por Sims (1980), y finalmente el modelo SVAR (Vector Estructural Autoregresivo) desarrollado por Blanchard y Quah (1986), el cual utilizaremos en esta investigación.

La razón por la que no se utiliza el modelo VAR es porque el impulso respuesta en el choque de una sola variable representa la respuesta de múltiples choques en el resto de las variables, por lo tanto si se quiere estudiar el choque de una sola variable como por ejemplo el de la política monetaria no se podría hacer, puesto que el choque no sería individual sino en conjunto (Vrolijk 1997).

Para darle solución al problema que tiene el modelo VAR, Sims (1980) propone colocar restricciones contemporáneas al sistema, pero el problema que tiene este nuevo modelo es que es demasiado sensible al orden en que estén colocadas las variables, cambiando en muchos casos la interpretación de los resultados, tanto así que el modelo fue considerado difícil de interpretar puesto que no había interpretación económica para los choques de las variables y por lo tanto este segundo modelo tampoco es una buena herramienta.

Dado que el modelo SVAR permite mirar cómo reacciona un sistema de variables ante choques en una variable específica, se puede ver que es el modelo que mejor se ajusta al objetivo de este trabajo puesto que muestra cómo reacciona la economía con derivados financieros y sin estos ante choques en la tasa de intervención del BRC, a continuación se presenta una breve pero completa descripción del modelo.

El modelo SVAR es un modelo para mirar impulso respuesta de una variable específica sobre un sistema de variables, es considerado un modelo sencillo puesto que la necesita solo un mínimo de restricciones para separar los choques entre las variables. Bernanke (1986) y Shapiro y Watson (1988) proponen el SVAR o VAR identificado el cual se centra en los errores ( $\epsilon$ ) del sistema los cuales son una combinación lineal de choques

exógenos y las innovaciones del modelo ( $v$ ) son ortogonalizados usando la descomposición de Choleski en la matriz de varianzas para solucionar el problema que presentaba el modelo de Sims (1980) donde el orden de las variables podría cambiar significativamente los resultados de los impulso respuesta (lutkepohl 2004).

Partiendo del modelo  $VAR_{(p)}$  el cual puede ser interpretado de una forma reducida o estandarizada, el modelo SVAR no es otra cosa que la forma estructural del VAR la cual puede ser interpretada como:

$$A\mathbf{y}_t = A_1^* \mathbf{y}_{t-1} + \dots + A_p^* \mathbf{y}_{t-p} + B\epsilon_t \quad (1)$$

Siendo  $\mathbf{y}_t$  una matriz que contiene las series pertenecientes al modelo, se asume que los errores estructurales  $\epsilon_t$ , son ruido blanco y el coeficiente de las matrices  $A_i^*$  para  $i=1, \dots, p$ , son coeficientes estructurales que difieren en general de sus contrapartes de formas reducidas. Ahora premultiplicando por la inversa de A obtenemos:

$$\mathbf{y}_t = A^{-1}A_1^* \mathbf{y}_{t-1} + \dots + A^{-1}A_p^* \mathbf{y}_{t-p} + A^{-1}B\epsilon_t \quad (2)$$

$$\mathbf{y}_t = A_1 \mathbf{y}_{t-1} + \dots + A_p \mathbf{y}_{t-p} + v_t \quad (3)$$

Además de su capacidad para identificar choques el modelo SVAR tiene la capacidad de encontrar funciones de impulso respuesta y de pronosticar la descomposición de la varianza del error a través de restricciones ya sean de largo plazo o de corto plazo y sobre los errores en la matriz A y/o las innovaciones en la matriz B, dicho esto la forma reducida de los residuales se puede recuperar del modelo SVAR en (2)  $v_t = A^{-1}B\epsilon_t$  y su matriz de varianza y covarianza  $\Sigma_v = A^{-1}BB^T A^{-1T}$ .

Dependiendo de las restricciones que se impongan en el modelo, se pueden distinguir tres tipos de modelos SVAR:

- Modelo A: B se establece como  $I_K$  y el número óptimo de restricciones es  $\frac{K(K-1)}{2}$
- Modelo B: A se establece como  $I_K$  y el número óptimo de restricciones es el mismo que en el caso del Modelo A.
- Modelo AB: las restricciones pueden ser colocadas en las dos matrices y el número óptimo de restricciones está definido por  $K^2 + K(K-1)/2$ .

Con lo anterior se tiene en cuenta que  $k$  es el número de variables presentes en el modelo.

Los parámetros se estiman minimizando el negativo del logaritmo de la función concentrada de verosimilitud:

$$\ln L_C(A, B) = -\frac{KT}{2} \ln(2\pi) + \frac{T}{2} \ln|A|^2 - \frac{T}{2} \ln|B|^2 - \frac{T}{2} \text{tr}(A^T B^{-1T} B^{-1} A \Sigma_U) \quad (4)$$

Donde  $\Sigma_U$  es una estimación de la forma reducida de la matriz de varianzas y covarianzas del error y por lo tanto el modelo SVAR puede escribir como:

$$A\epsilon_t = \beta u_t$$

Siendo  $A$  una matriz diagonal inferior o superior que corresponde a choques en los errores del modelo y  $\beta$  una matriz diagonal de los choques asociados a las innovaciones que no se pueden observar, en estas dos matrices es donde colocamos las restricciones del modelo una vez estimado el mejor modelo VAR con el fin de identificar los choques que queramos observar, entonces se asume además que no hay correlación entre los errores de las variables y por lo tanto el mejor modelo VAR debe garantizar que tanto las pruebas de normalidad y de auto correlación de los errores sean estables.

### ***Nuestra aproximación:***

Teniendo en cuenta las especificaciones del modelo anterior, la aproximación empírica para Colombia sigue de cerca la metodología utilizada por Vrolijk (1996), para el caso de Reino Unido. El modelo entonces compromete cuatro variables tomadas trimestralmente; la diferencia logarítmica del producto interno bruto real base año 2005 (PIB), el nivel de precios en la economía (inflación), la tasa de intervención del BRC la cual es la variable que representa la política monetaria (BR), y la diferencia logarítmica volumen de negociación de forwards y de futuros colombianos (derivados)<sup>1</sup>, el periodo en el que se consideran estas variables es desde 1996Q1 y 2013Q1.

Dado que el modelo SVAR funciona con restricciones, las restricciones que se siguen son las siguientes: La política monetaria representada por BR no tiene impacto de largo

---

<sup>1</sup> Se tomó el forward de tasa de interés desde 1996, transacciones de swaps de tasa de interés, y el volumen de negociación en futuros colombianos registrados en la bolsa de valores de Colombia desde 2008, información que fue suministrada por la misma.



plazo ni contemporáneo sobre el producto, los choques en la demanda agregada representados por la inflación no tienen dicho efecto sobre el producto y el mercado de derivados no tiene impacto contemporáneo sobre las tasa de interés del BRC. Las restricciones de largo plazo y corto plazo sobre el producto permiten separar los choques de oferta de otros choques. Los choques sobre la demanda son igualmente separados con las restricciones de corto plazo de la inflación sobre el producto y los posibles choques que puedan tener los productos derivados sobre la tasa de interés son separados con la última restricción.

Cabe resaltar que el paquete estadístico que se utiliza para la realización de este modelo es EViews el cual tiene en cuenta todas las especificaciones anteriores en especial la de la inclusión de las restricciones de forma matricial, por lo tanto las restricciones tendrían la forma que se presenta en la tabla 5.1

**Tabla 5.1 Matrices A y B**

MATRIZ A				
	BR	DERIVADOS	PIB	INFLACION
BR	1	0	0	0
DERIVADOS	0	1	0	0
PIB	0	NA	1	0
INFLACION	0	NA	0	1

MATRIZ B				
	BR	DERIVADOS	PIB	INFLACION
BR	NA	0	0	0
DERIVADOS	0	NA	0	0
PIB	0	0	NA	0
INFLACION	0	0	0	NA

**Fuente: Cálculos propios**

Siendo NA los parámetros a estimar por el modelo SVAR, en A podemos ver que se cumplen a cabalidad las restricciones, un ejemplo es en la columna del PIB donde dijimos que la tasa BR y la INFLACION no tienen efecto directo sobre éste por lo tanto no tiene ningún parámetro a ser estimado por el modelo en esas posiciones, caso contrario de la columna de los DERIVADOS, que tiene dos estimadores puesto que precisamente queremos ver si hay algún efecto con la presencia de estos instrumentos sobre estas dos variables. En la matriz B estimamos cada uno de los componentes de la diagonal los cuales se asocian a cada variable, y nos brinda estabilidad en los impulsos, ya que es esta matriz donde las innovaciones o choques tienen lugar.

Es de gran importancia saber que en este modelo no se cuenta con unos estimadores al final del modelo, mostrando las elasticidades de cada variable o rezago, lo que se obtiene son las estimaciones de la matriz A y B que garantizan la ortogonalidad de los errores del sistema, por lo tanto los impulso respuesta se muestran gráficamente puesto

que la finalidad de este trabajo no es hacer pronóstico sobre ninguna variable sino mostrar cómo cambia la dinámica entre estas.

Para mirar si el mercado de derivados tiene algún efecto dentro de la economía colombiana se corrieron dos modelos VAR, uno que tiene en cuenta la presencia de derivados (BR, DERIVADOS, PIB e INFLACION) y otro que no (BR, PIB e INFLACION). Dado que se tiene que partir de un modelo VAR para luego hacer la estimación estructural de este modelo, los modelos deben pasar las pruebas estadísticas de normalidad conjunta o multivariada, autocorrelacion en los errores y saber si el modelo es estable o estacionario por medio de graficas de raíz unitaria.

Para tener total claridad sobre los modelos, se comienza con el modelo VAR que tiene en cuenta la presencia de los derivados. Para saber el número de rezagos de este modelo miramos el criterio selección de rezagos el cual agrupa los criterios de información más importantes como el Akaike, Schwarz, Hannan Quinn, entre otros, y la idea es seleccionar el rezago que minimiza la mayor cantidad de estos criterios. Una vez examinado esta selección, nos escoge el rezago número 4 ya que es el rezago que minimiza la mayoría de dichos criterios, los asteriscos al lado de cada número n muestra los criterios óptimos, la tabla 5.2 representa esta información.

**Tabla 5.2 Criterio de selección de rezagos**

VAR Lag Order Selection Criteria Endogenous variables: BR DERIVADOS PIB INFLACION Exogenous variables: C Date: 11/20/13 Time: 17:44 Sample: 1996Q1 2013Q1 Included observations: 62						
Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	459.4253	NA	4.90e-12	-14.69114	-14.55390	-14.63726
1	583.0970	227.3963	1.52e-13	-18.16442	-17.47825	-17.89501
2	638.2618	94.31405	4.33e-14	-19.42780	-18.19269*	-18.94287
3	658.7525	32.38857	3.81e-14	-19.57266	-17.78861	-18.87220
4	702.5603	63.59192*	1.60e-14*	-20.46969*	-18.13670	-19.55370*
5	717.4943	19.75146	1.75e-14	-20.43530	-17.55338	-19.30379
6	726.0773	10.24417	2.42e-14	-20.19604	-16.76518	-18.84900

\* indicates lag order selected by the criterion  
 LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)  
 FPE: Final prediction error  
 AIC: Akaike information criterion  
 SC: Schwarz information criterion  
 HQ: Hannan-Quinn information criterion

Fuente: EViews, cálculos propios

Para normalidad en los errores se cuenta con la prueba Jarque-Bera cuya hipótesis nula es que los errores en conjunto son normales, por lo tanto se busca no rechazar esta hipótesis, en la estimación es de 0.8323 tal y como se muestra en la tabla 5.3, donde los residuales se consideran normales en conjunto ya que no rechazamos la hipótesis nula. Otro de los supuestos que debe cumplir el modelo es que los errores no se correlacionan entre ellos por lo tanto también se debe la prueba para autocorrelación en los errores y los rezagos de los errores o prueba de correlación serial, EViews nos proporciona esta prueba cuya función de probabilidad se comporta como una Chi-cuadrado y determina si los errores se correlacionan en algún rezago. En la tabla 5.4 podemos observar el estadístico cuya hipótesis nula es que no existe correlación serial, por lo tanto no queremos rechazar esta hipótesis al ver un valor mayor a 5% en cada uno de los rezagos. En la tabla 5.4 esta información es mostrada.

**Tabla 5.3 prueba Jarque-Bera**

Component	Jarque-Bera	df	Prob.
1	0.391545	2	0.8222
2	1.028096	2	0.5981
3	0.510902	2	0.7746
4	2.335871	2	0.3110
Joint	4.266414	8	0.8323

**Fuente: EViews, cálculos**

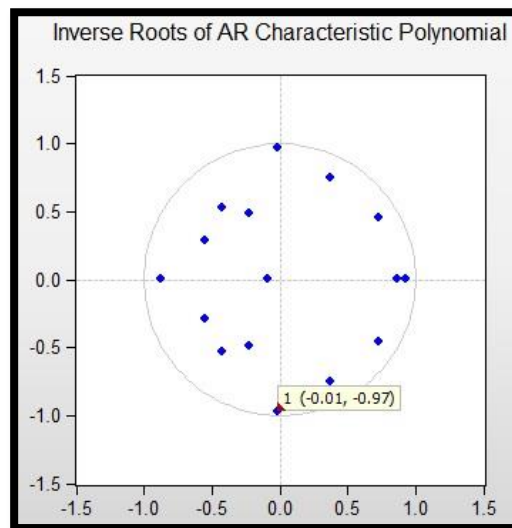
**Tabla 5.4 prueba correlación serial**

VAR Residual Serial Correlation LM T...		
Null Hypothesis: no serial correlation ...		
Date: 11/20/13 Time: 22:59		
Sample: 1996Q1 2013Q1		
Included observations: 64		
Lags	LM-Stat	Prob
1	23.00601	0.1136
2	11.94871	0.7475
3	13.14732	0.6620
4	16.35033	0.4288
Probs from chi-square with 16 df.		

**Fuente: EViews, cálculos**

Finalmente se necesita saber si el modelo es estable o estacionario y para esto miramos las raíces por medio del círculo unitario, lo cual garantiza que los eigenvalores de la matriz de varianzas y covarianzas no estén por debajo de la unidad. En la gráfica 5.1, estos valores están por dentro puesto que EViews calcula la inversa de las raíces.

Ya teniendo el modelo VAR se puede hacer la estimación del SVAR por medio de las matrices a las cuales ya les colocaron las restricciones. El segundo modelo, el cual no tiene presencia de los derivados, tiene que pasar exactamente las mismas pruebas que el modelo anterior. En el anexo 1 se puede encontrar toda la información que ya se expuso anteriormente pero para el segundo modelo.



Fuente: EViews, cálculos

## 6. resultados

Ya teniendo las matrices A y B estimadas, se hacen el impulso respuesta de todas las variables con respecto a choques en la tasa BR que representa la política monetaria en Colombia. La primera estimación como lo muestra la tabla 6.1 indica que el mercado de derivados no tiene efecto sobre el PIB y la inflación, puesto que las restricciones no son significativas en el modelo (parámetros C1 Y C2), pero los choques en tasa de interés son significativos (parámetro C3)

Tabla 6.1 estimación matriz A y B

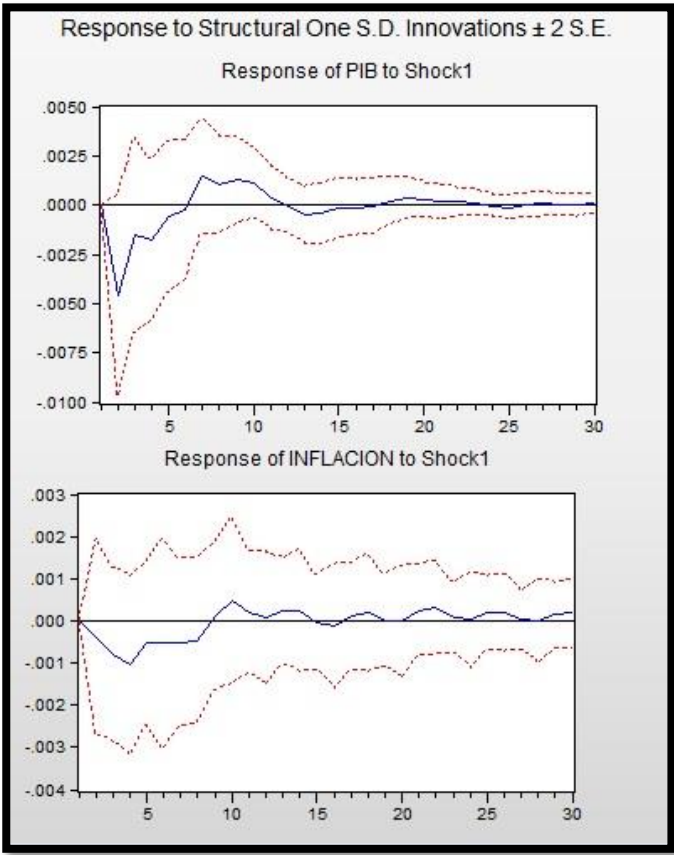
Model: Ae = Bu where E[uu]=I				
Restriction Type: short-run pattern matrix				
A =				
1	0	0	0	
0	1	0	0	
0	C(1)	1	0	
0	C(2)	0	1	
B =				
C(3)	0	0	0	
0	C(4)	0	0	
0	0	C(5)	0	
0	0	0	C(6)	
	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C(1)	-0.011071	0.015278	-0.724661	0.4687
C(2)	0.001865	0.007031	0.265250	0.7908
C(3)	0.008840	0.000781	11.31371	0.0000
C(4)	0.128963	0.011399	11.31371	0.0000
C(5)	0.015762	0.001393	11.31371	0.0000
C(6)	0.007254	0.000641	11.31371	0.0000

Fuente: EViews, cálculos

En el primer impulso, como lo muestra la gráfica 6.1, se puede apreciar que con la presencia de los instrumentos derivados y observando solo las gráficas correspondientes al PIB y la inflación, un choque en la tasa de interés hace que el PIB

baje puesto que disminuye la demanda agregada y aumenta el ahorro tal como lo vimos en el canal de transmisión de política monetaria en el caso de la tasa de interés, al disminuir la demanda los precios bajan y conforme el choque empieza a ser asumido por la economía el consumo empieza a subir y con este la inflación.

Grafica 6.1 impulso respuesta con derivados



Fuente: EViews, cálculos

Ahora la segunda estimación de las matrices A y B se hace sin la presencia de derivados, en la tabla 6.2 podemos observar que todos los choques son significativos.

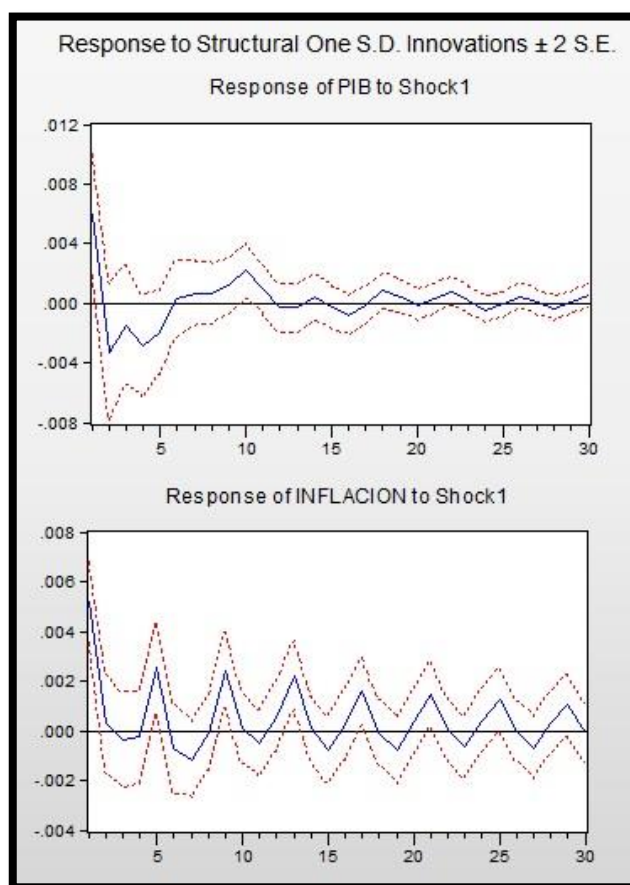
Tabla 6.2 estimación matriz A y B

Model: Ae = Bu where E[uu']=I				
Restriction Type: short-run pattern matrix				
A =				
	1	0	0	
C(1)	1	0		
C(2)	C(3)	1		
B =				
C(4)	0	0		
0	C(5)	0		
0	0	C(6)		
	Coefficient	Std. Error	z-Statistic	Prob.
C(1)	-0.695869	0.228516	-3.045167	0.0023
C(2)	-0.531563	0.081022	-6.560687	0.0000
C(3)	-0.100625	0.041421	-2.429348	0.0151
C(4)	0.008618	0.000762	11.31371	0.0000
C(5)	0.015755	0.001393	11.31371	0.0000
C(6)	0.005221	0.000461	11.31371	0.0000

Fuente: EViews, cálculos

En el segundo impulso mostrado por la gráfica 6.2, se muestra que sin la presencia de derivados y choques en la tasa BR, el PIB sube por expectativas de inflación y la gente prefiere consumir ahora, dado que se carece de instrumentos para cubrirse. Como son expectativas se puede apreciar que este incremento no dura ni siquiera un periodo (trimestre), entonces se da un ajuste, las personas ahorra puesto que ya ha percibido la subida de tasas. Un fenómeno interesante es que con derivados en la economía el control de la inflación es mejor, ya que si miramos el impulso de la inflación en la estimación sin derivados los picos son mucho más pronunciados que en la primera estimación.

**Grafica 6.2 impulso respuesta sin derivados**



**Fuente: EViews, cálculos**

## **7. conclusiones**

Con esta investigación se pudo observar que en la economía Colombiana con la presencia de un mercado de derivados la dinámica de la política monetaria en variables macroeconómicas como el PIB y la inflación puede cambiar. A esta conclusión se llega luego de observar diferentes reacciones en las funciones de impulso respuesta de dos modelos: uno que tenía en cuenta el mercado de derivados y otro que no lo tenía.

Se pudo observar especialmente en el caso de la inflación que los ciclos en esta variable, son muchos más suaves con el mercado de derivados que sin este mercado, un hecho que puede ser de gran ayuda, puesto como que ya mencionamos anteriormente para el BRC el objetivo principal es mantener el control sobre la inflación, lo que puede incentivar al gobierno a desarrollar mejor este mercado con el fin de recoger cada vez más información sobre la economía.

Otro hecho importante que se descubrió, es que dado que los derivados financieros ayudan a dar un poco más de estabilidad a las funciones de impulso respuesta que se estimaron en esta investigación (gráfica 6.2 y 6.3), comprueba la hipótesis de que los derivados financieros le dan más información al mercado, situación que también resalta Gómez, Vásquez y Zea (2004).

## **8. Recomendaciones**

Dado que hasta el año 2013 el mercado de opciones en Colombia no se ha desarrollado de manera significativa (Asobancaria 2013), valdría la pena hacer estas mismas estimaciones pero con estos instrumentos que protegen a los agentes ante la volatilidad en los activos financieros, y de esta forma tener una variable proxy más significativa que nos pueda brindar estimaciones más concretas o desde otro punto de vista más información sobre el mercado de valores en Colombia.



## 9. Bibliografía

ASOBANCARIA (2013), Semana económica, No 674, Págs. 1-6, disponible <http://www.asobancaria.com>

BERNEDO, M. y AZAÑERO, J. (2003). “La Banca Central y Los Derivados Financieros: El Caso De Las Opciones De Divisas”. Estudios económicos del Perú

FENDER, I. (2000a). “Corporate Hedging: The Impact of Financial Derivatives on the Broad Credit Channel of Monetary Policy”. BIS Working Paper, No 94. November.

FENDER, I. (2000b). “The Impact of Corporate Risk Management on Monetary Policy Transmission: Some Empirical Evidence”. BIS Working Paper, No 95. November.

FERNANDEZ, J. (2008).” Impacto Del Mercado Forward De Tasa De Cambio Sobre La Política Monetaria En Colombia”

GOMEZ, A. (2013). “Distorsiones creadas por la regulación colombiana: El Asset Swap Spread como proxy del Credit Default Swap en el mercado local”. AMV.

GÓMEZ, E. D. VÁSQUEZ y C. ZEA (2005). “Derivative Markets’ Impact on Colombian Monetary Policy”. Borradores de Economía, Banco de la República, No. 334. Diciembre.

GRAY, S. y PLACE, J. (2003) “Derivados financieros”. Centro de estudios monetarios latinoamericanos. No 54.

HUERTAS, C. JALIL, M. OLARTE, S. y ROMERO, J. V. (2005) “Algunas Consideraciones sobre el Canal del Crédito y la Transmisión de Tasas de Interés en Colombia” Subgerencia De Estudios Economicos, Banco de la Republica. Agosto.

HULL, J. C. 2009. Introducción a los mercados de futuros y opciones, 10-12.

LEÓN, C. PÉREZ, J. (2013) “El mercado OTC de valores en Colombia: caracterización y comparación con base en el análisis de redes complejas”. Borradores de Economía, Banco de la República, No. 765.

LUTKEPOHL, HELMUT. New Introduction To MultipleTime Series Analysis . Italy: Springer, 2010.

MIES, V. MORANDÉ, F. y TAPIA, M. (2002) “Política Monetaria Y Mecanismos De Transmisión: Nuevos Elementos Para Una Vieja Discusión” Working Papers of the Central Bank of Chile, vol 5, No 3. Diciembre

MORA, R. (2000). “El Índice de Condiciones Monetarias en Colombia”. Borradores de Economía, Banco de la República, No 158.



RIGOBON, R., y SACK, B. (2003). "Measuring the reaction of monetary policy to the stock market". The quarterly journal of Economics, 118(2), 639-669.

SEMMLER, W. y W. ZHANG. 2007. Asset Price Volatility and Monetary Policy Rules: A Dynamic Model and Empirical Evidence, Economic Modelling, 24(3): 411-430.

VROLIJK, C. (1997). "Derivatives Effect on Monetary Policy Transmission". IMF Working Paper WP/97/121, IMF, Washington DC.

ZULUAGA, B. (2004). "La Política Monetaria: Teoría Y Caso Colombiano". Apuntes de economía, ICESI, No. 1. Marzo.

## Anexo 1

### Criterio de selección de rezagos

VAR Lag Order Selection Criteria						
Endogenous variables: BR PIB INFLACION						
Exogenous variables: C						
Date: 11/21/13 Time: 18:46						
Sample: 1996Q1 2013Q1						
Included observations: 62						
Lag	LogL	LR	FPE	AIC	SC	HQ
0	428.1988	NA	2.22e-10	-13.71609	-13.61316	-13.67568
1	542.5550	213.9567	7.41e-12	-17.11468	-16.70297	-16.95303
2	592.4899	88.59420	1.98e-12	-18.43516	-17.71468	-18.15228
3	608.3296	26.56979	1.60e-12	-18.65579	-17.62653	-18.25168
4	637.1490	45.55322*	8.53e-13	-19.29513	-17.95709*	-18.76978*
5	648.3167	16.57154	8.09e-13*	-19.36506*	-17.71824	-18.71848
6	653.9452	7.807243	9.25e-13	-19.25630	-17.30071	-18.48848
* indicates lag order selected by the criterion						
LR: sequential modified LR test statistic (each test at 5% level)						
FPE: Final prediction error						
AIC: Akaike information criterion						
SC: Schwarz information criterion						
HQ: Hannan-Quinn information criterion						

Fuente: EViews, cálculos

En el segundo modelo VAR (BR, PIB, INFLACION), escogemos igualmente cuatro rezagos, ya que son los que muestra el criterio de selección de rezagos.

### Prueba Jarque-Bera

Component	Jarque-Bera	df	Prob.
1	2.895943	2	0.2350
2	2.435779	2	0.2959
3	0.444722	2	0.8006
Joint	5.776444	6	0.4487

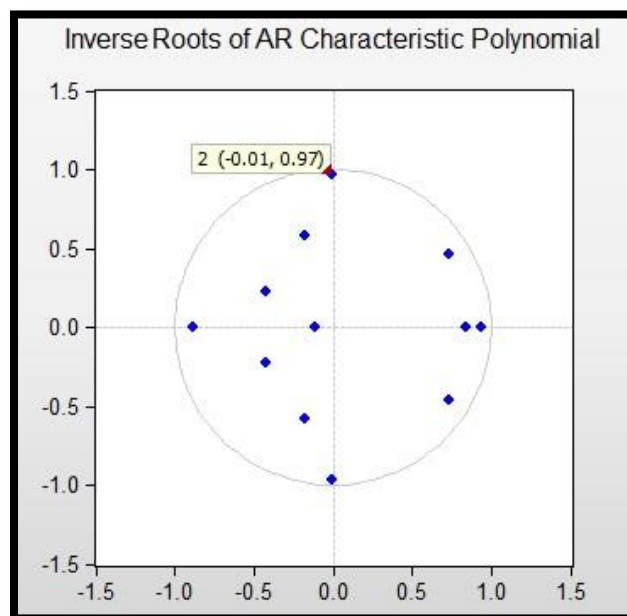
Fuente: EViews, cálculos

### Prueba de correlación serial

VAR Residual Serial Correlation LM T...		
Null Hypothesis: no serial correlation ...		
Date: 11/21/13 Time: 18:50		
Sample: 1996Q1 2013Q1		
Included observations: 64		
Lags	LM-Stat	Prob
1	17.03063	0.0482
2	9.565552	0.3868
3	8.407367	0.4937
4	8.710487	0.4644
5	8.225720	0.5116
6	13.69552	0.1336
Probs from chi-square with 9 df.		

Fuente: EViews, cálculos

Tanto en la prueba de normalidad como la de autocorrelacion, no rechazamos las hipótesis nulas, por lo tanto el segundo modelo, podemos asumir que los errores se comportan de manera normal y que no se correlacionan entre ellos. Observando además el círculo de raíz unitaria podemos ver que las raíces superen la unidad lo cual garantiza la estabilidad del modelo.



Fuente: EViews, cálculos propios